



30979 U.S. PTO
10/075209
02/14/02

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 27 DEC. 2001

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04
Télécopie : 33 (1) 42 93 59 30
www.inpi.fr

THIS PAGE BLANK (USPTO)



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

16 FEV 2001

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 260899

REMISE DES PIÈCES DATE 16 FEV 2001 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 16 FEV. 2001 V s références pour ce dossier <i>(facultatif)</i> B 13769.3 JCI DD 2173		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE BREVATOME 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS 422-5/S002	
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date ____/____/____ N° _____ Date ____/____/____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE DE RADIOGRAPHIE A DOUBLE ENERGIE, ET DISPOSITIF DE CALIBRATION POUR CE PROCÉDE			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE	
Prénoms			
Forme juridique		Etablissement Public de Caractère Scientifique, Technique et Industriel	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	31-33, rue de la Fédération	
	Code postal et ville	75752 PARIS 15ème	
Pays		FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

16 FEV 2001 REMISE DES PIÈCES DATE 75 INPI PARIS LIEU N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		0102140 DB 540 W / 260899	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		B 13769.3 JCI DD 2173	
6 MANDATAIRE			
Nom		LEHU	
Prénom		Jean	
Cabinet ou Société		BREVATOME 422-5/S002	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 7068	
Adresse	Rue	3, rue du Docteur Lancereaux	
	Code postal et ville	75008	PARIS
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 53 83 94 00	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01 45 63 83 33	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		brevets.patents@spi-brevatome-groupe.fr	
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) J. LEHU		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI L. GUICHET	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

PROCEDE DE RADIOGRAPHIE A DOUBLE ENERGIE,
ET DISPOSITIF DE CALIBRATION POUR CE PROCEDE

DESCRIPTION

5

Le sujet de cette invention est un procédé de radiographie à double énergie, ainsi qu'un dispositif de calibration approprié à ce procédé.

La radiographie à double énergie consiste à
 10 exposer un objet ou un patient à un rayonnement de deux énergies différentes, pour lesquelles les propriétés d'atténuation des matériaux constituant l'objet ou le patient ne varient pas de la même façon. A l'aide d'un modèle de leurs fonctions d'atténuation, on obtient
 15 alors des informations sur la densité et la nature des matériaux traversés. En particulier, dans le cas de l'ostéodensitométrie, la masse d'os traversée peut être calculée en la distinguant de la contribution des tissus mous à l'atténuation du rayonnement.

20

Le fondement théorique de la méthode sera rapidement résumé ci-dessous.

Le flux \emptyset traversant une longueur l d'un matériau de coefficient d'atténuation linéique μ à partir d'un flux initial de rayonnement \emptyset_0 est
 25 un $\emptyset = \emptyset_0 e^{-\mu l}$. On appelle m la mesure d'atténuation,

égale à $\ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$, où I_0 et I sont les signaux mesurés par

un même détecteur sous les flux \emptyset_0 et \emptyset . Dans le cas d'un objet complexe composé d'un grand nombre de matériaux (d'indice i), chacun contribue à

l'atténuation d'après sa longueur L_i que les rayons traversent.

Or chaque matériau peut être exprimé, pour la propriété d'atténuation, comme une combinaison linéaire
5 de deux matériaux de base, d'après la formule :

$$\mu = k_1\mu_1 + k_2\mu_2,$$

où k_1 et k_2 sont des coefficients constants, et μ_1 et μ_2
10 les atténuations de ces matériaux de base, et on pourra exprimer les longueurs équivalentes A_1 et A_2 des matériaux de base traversées par le rayonnement par :

$$\begin{cases} A_1 = \sum_i L_i.k_1 \\ A_2 = \sum_i L_i.k_2 \end{cases}$$

15

Au moyen de ces longueurs équivalentes, les matériaux de base pourront représenter un objet même s'il est en réalité de composition beaucoup plus complexe. Si les matériaux de base ont des propriétés
20 d'atténuation analogues à deux matériaux prépondérants de l'objet, la représentation sera réaliste. Dans le cas d'examen sur des êtres vivants, les matériaux de base classiques sont le plexiglas (polyméthacrylate) pour simuler les tissus mous et l'hydroxyapatite pour
25 simuler les tissus osseux.

Le système d'équations reliant les mesures aux atténuations μ_j et aux longueurs équivalentes A_j des matériaux de base est linéaire et donc facile à résoudre si le rayonnement est monochromatique ; mais
30 il ne l'est pas dans les situations réelles, et les

longueurs équivalentes sont alors données par des modèles mathématiques plus compliqués, tels que celui-ci :

$$5 \quad \begin{cases} A_1 = a_0 + a_1.m_{BE} + a_2.m_{HE} + a_3.m_{BE}.m_{HE} + a_4.m_{BE}^2 + a_5.m_{HE}^2 \\ A_2 = b_0 + b_1.m_{BE} + b_2.m_{HE} + b_3.m_{BE}.m_{HE} + b_4.m_{BE}^2 + b_5.m_{HE}^2 \end{cases}$$

qui donne en général une précision suffisante, et où m_{BE} et m_{HE} désignent les mesures à haute et basse énergie, et les « a » et « b » sont des coefficients qu'il faut calculer auparavant par une calibration.

10 Cette calibration fait appel à un dispositif souvent appelé « fantôme » et qui est composé des matériaux de base évoqués ci-dessus et choisis pour simuler au mieux l'objet de mesure. Ces matériaux sont distribués dans le fantôme de façon à y présenter des régions où les longueurs, traversées par le rayonnement, des matériaux sont distribuées différemment.

Un fantôme classique est construit sous la forme d'un escalier pour chacun des matériaux de mesure, et les escaliers sont superposés de façon que leurs marches soient perpendiculaires. En faisant traverser les escaliers par des rayons verticaux, on obtient ainsi toutes les combinaisons souhaitables entre les diverses épaisseurs des deux matériaux.

25 Un autre fantôme est proposé dans le brevet américain 5 493 601 et comprend une série de tubes convergeant vers la source du faisceau et dotés des hauteurs inégalement réparties des deux matériaux. Il a

pour but d'offrir des mesures plus exactes que le précédent, notamment grâce à la convergence des tubes vers la source, qui fait parfaitement coïncider la longueur parcourue par les rayons dans les tubes avec
5 la hauteur totale de ceux-ci, et aussi pour réduire le rayonnement diffusé par le contenu des tubes. Les mesures expriment donc directement l'atténuation du rayonnement à travers le fantôme et permettent de calculer sans souci les coefficients recherchés.

10 Il n'en va pourtant pas de même pour les mesures réalisées à travers l'objet à radiographier, pour lesquelles les conditions favorables exposées ci-dessus ne peuvent être réunies et le rayonnement diffusé ne doit pas être négligé ; il est même
15 particulièrement important pour les sources d'un faisceau conique, souvent plus que le rayonnement primaire, qui a accompli un trajet rectiligne de la source au détecteur et est seul utile à la mesure. L'estimation puis la correction de ce rayonnement
20 diffusé nécessitent des traitements spécifiques. C'est ainsi qu'il est possible, parmi bien d'autres méthodes, de le mesurer séparément puis de le soustraire du rayonnement total reçu par le détecteur. On dispose pour cela d'un réseau d'éléments absorbants, comme des
25 billes de plomb disposées au milieu d'une grille, entre l'objet radiographié et le réseau de détecteurs. Les rayons devant passer par ces billes sont interceptés totalement, de sorte qu'il ne parvient aux détecteurs situé sur le chemin de ces rayons que le rayonnement
30 diffusé. Des interpolations numériques permettent ensuite d'estimer, avec une précision suffisante, la

répartition du rayonnement diffusé sur l'ensemble du réseau de détecteurs. Ce procédé commode présente malheureusement l'inconvénient de devoir soumettre l'objet à une deuxième irradiation, susceptible d'être
5 mal acceptée pour des êtres vivants.

On peut aussi, au contraire, empêcher le rayonnement diffusé de parvenir aux détecteurs en les munissant d'une collimation stricte qui l'intercepte. Les procédés faisant appel à cette technique obligent à
10 recourir à un balayage de la source qui implique un temps d'acquisition long, et le risque que l'objet ne bouge au cours de la mesure.

Des méthodes numériques de genres divers ont encore été proposées pour corriger l'influence du rayonnement diffusé, mais elles ne conviennent
15 généralement bien qu'à des objets particuliers. On doit conclure que le brevet cité plus haut ne semble pas proposer un progrès sensible, puisque le rayonnement diffusé n'est écarté des mesures que pour l'étape de
20 calibration.

L'objet de l'invention est de corriger l'influence du rayonnement diffusé d'une autre manière, en le laissant apparaître à la calibration, mais de façon analogue à ce qu'il fait à la radiographie de
25 l'objet, ce qui permet de le corriger par un même procédé numérique, sans qu'on ait à craindre des discordances dans la qualité de ce procédé.

Pour résumer, l'invention concerne avant tout un dispositif de calibration d'un système de
30 radiographie à double énergie, comprenant un jeu de blocs présentant différentes épaisseurs d'un premier

matériau, caractérisé en ce que les blocs sont munis d'évidements et en ce que le dispositif comprend encore des inserts à combler les évidements et comprenant différentes répartitions de hauteurs, les hauteurs et
5 les épaisseurs étant considérées dans une direction identique, entre le premier matériau et un second matériau ; ainsi qu'un procédé de radiographie à faisceau conique à double énergie, comprenant une estimation d'épaisseurs de matériaux d'un objet
10 radiographique par une combinaison numérique de mesures d'atténuation des énergies, impliquant une calibration de coefficients de la combinaison, caractérisé en ce que la calibration est mesurée par une radiographie d'un dispositif de calibration conforme à l'une
15 quelconque des revendications précédentes, et qu'un rayonnement diffusé affectant la radiographie du dispositif de calibration est estimé tout en donnant un critère d'estimation utilisé ensuite pour estimer un rayonnement diffusé affectant la radiographie de
20 l'objet.

L'invention sera maintenant décrite au moyen des figures :

- la figure 1 représente un organigramme de l'invention ; et
- 25 - les figures 2 et 3 représentent une vue de côté et une vue de dessus d'un fantôme de calibration utilisé pour satisfaire aux exigences exposées plus haut.

On se reporte à la figure 1.

30 A l'étape E1, une acquisition de calibration est faite par une radiographie à travers le fantôme

décrit plus loin, ce qui donne des mesures brutes à haute et basse énergie. A l'étape E2, un traitement préliminaire d'estimation et de soustraction du rayonnement diffusé de ces mesures est fait pour
5 calculer les mesures corrigées mHe et mBe des formules précédentes. Ensuite, l'étape E3 consiste en une estimation des paramètres du modèle, notamment les coefficients des polynômes a et b à partir des mesures et des épaisseurs connues que le rayonnement traverse
10 dans le fantôme. D'autre part, une acquisition, à travers l'objet de mesure, est faite à l'étape E4, puis un traitement préliminaire est fait à l'étape E5 ; il est semblable à celui de l'étape E2 et son but est également d'estimer, puis de soustraire le rayonnement
15 diffusé qui affecte les mesures. L'étape finale E6 consiste à exploiter les mesures corrigées effectuées à travers l'objet et d'appliquer le modèle, et avant tout les coefficients a et b calculés à l'étape E3, afin de déduire les longueurs équivalentes des matériaux de
20 base a1 et a2 dans l'objet.

Le fantôme utilisé est représenté aux figures 2 et 3.

Il comprend quelques blocs d'épaisseurs différentes d'un des matériaux de base, notamment le
25 plexiglas. On pourrait utiliser un jeu de blocs séparés, à travers lesquels les mesures seraient faites successivement, mais on peut aussi unir les blocs en formant un solide à profil d'escalier 1 comprenant différentes couches, ici au nombre de quatre, et
30 numérotées de 2 à 5 de bas en haut, les couches finissant, en général, par des faces dressées 6 ayant

une orientation en dépouille, afin de réduire les composantes à haute fréquence du rayonnement diffusé. De plus, des rangées d'inserts sont prévues sous les différents blocs, en comblant des évidements opérés ici
5 à travers la couche inférieure 2. On rencontre, plus précisément, quatre rangées de deux inserts 7 chacune, numérotées de 8 à 11 et qui s'étendent respectivement sous la surface supérieure de la couche inférieure 2, sous la deuxième couche 3, sous les couches 3 et 4 et
10 sous les trois couches supérieures 3 à 5. Les inserts 7 comprennent, en général, une portion en hydroxyapatite 12 et une portion en plexiglas 13. Les portions 12 et 13 ont une même hauteur totale, mais des hauteurs respectives différentes dans chaque rangée 8 à 11, de
15 sorte que les rayons originaires de la source 14 et qui passent par chacun des inserts 7, traversent des combinaisons différentes d'épaisseurs des deux matériaux. De plus, il est produit un rayonnement diffusé analogue à celui qui est produit dans un être
20 vivant. On est redevable de cette similitude à la constitution même du fantôme 1, puisque les matériaux qui le composent, outre qu'ils simulent bien les tissus mous et les os, ont des proportions et des répartitions analogues. En particulier, les inserts 7 sont
25 suffisamment éloignés pour ne pas recevoir de rayonnement diffusé originaire des inserts voisins, mais seulement de la matière de base des couches 2 à 5.

On décrira, pour la fin de cet exposé, un procédé d'estimation du rayonnement diffusé, utilisable
30 pour les étapes E2 et E5 ; ce procédé fait cependant partie d'une autre invention et n'est donc donné que

par souci de compléter la description de celle-ci et de prouver l'intérêt du fantôme 1.

A l'étape E2, un rayonnement semblable à celui que subira l'objet et de flux ϕ_0 est projeté sur le fantôme 1, et un rayonnement total ϕ_t , somme d'un rayonnement primaire ϕ et du rayonnement diffusé ϕ_d , est capté par des détecteurs placés derrière le fantôme 1 et mesurant donc l'atténuation du rayonnement initial ϕ_0 à travers lui. En particulier, on obtient des mesures de rayonnement ayant passé par chacun des inserts 7, aussi bien pour la haute que pour la basse énergie.

Les mêmes mesures sont répétées après avoir placé des absorbeurs, telles des billes de plomb, entre le fantôme et les détecteurs de façon à intercepter le rayonnement primaire et à ne plus mesurer que le rayonnement diffusé par les détecteurs. On en déduit la valeur du rayonnement diffusé ϕ_d en fonction des hauteurs traversées des deux matériaux de base pour chacune des énergies.

L'acquisition des mesures à travers l'objet donne aussi deux jeux de valeurs de rayonnement total ϕ_t à haute et basse énergie. Le rayonnement ϕ_d à travers l'objet peut être estimé d'après les mesures à travers le fantôme 1 et la relation entre ϕ_t et ϕ_d obtenue à travers lui pour les deux énergies, en supposant que la même relation s'applique à travers l'objet.

Quoique l'invention trouve utilité pour les faisceaux coniques, son emploi n'est pas limité à eux ; on peut concevoir que les étapes d'estimation et de

correction du rayonnement diffusé pourraient être
omises dans des situations où il serait moins
important, puisqu'il affecterait les mesures à travers
le fantôme 1 et l'objet pareillement, grâce à leur
5 similitude de structure, et que son influence
disparaîtrait au calcul des longueurs équivalentes A_1
et A_2 .

REVENDICATIONS

1. Dispositif (1) de calibration d'un système de radiographie à faisceau conique à double énergie, 5 comprenant un jeu de blocs présentant différentes épaisseurs (2 à 5) d'un premier matériau, caractérisé en ce que les blocs sont munis d'évidements et en ce que le dispositif comprend encore des inserts (7) à combler les évidements et comprenant différentes 10 répartitions de hauteurs (12, 13), les hauteurs et les épaisseurs étant considérées dans une direction identique, entre le premier matériau et un second matériau.

2. Dispositif de calibration suivant la 15 revendication 1, caractérisé en ce que les blocs sont assemblés en une forme d'escalier et les inserts sont répartis en rangées (8 à 11) dans une couche inférieure (2) de l'escalier, les rangées étant situées sous des blocs différents.

20 3. Dispositif de calibration suivant la revendication 2, caractérisé en ce que l'escalier présente des faces dressées (6) en dépouille.

4. Procédé de radiographie à faisceau conique à double énergie, comprenant une estimation 25 d'épaisseurs de matériaux d'un objet radiographique par une combinaison numérique de mesures d'atténuation des énergies, impliquant une calibration de coefficients (a, b) de la combinaison, caractérisé en ce que la calibration est mesurée par une radiographie d'un 30 dispositif de calibration conforme à l'une quelconque des revendications précédentes, et qu'un rayonnement

diffusé affectant la radiographie du dispositif de calibration est estimé tout en donnant un critère d'estimation utilisé ensuite pour estimer un rayonnement diffusé affectant la radiographie de

5 l'objet.

1 / 2

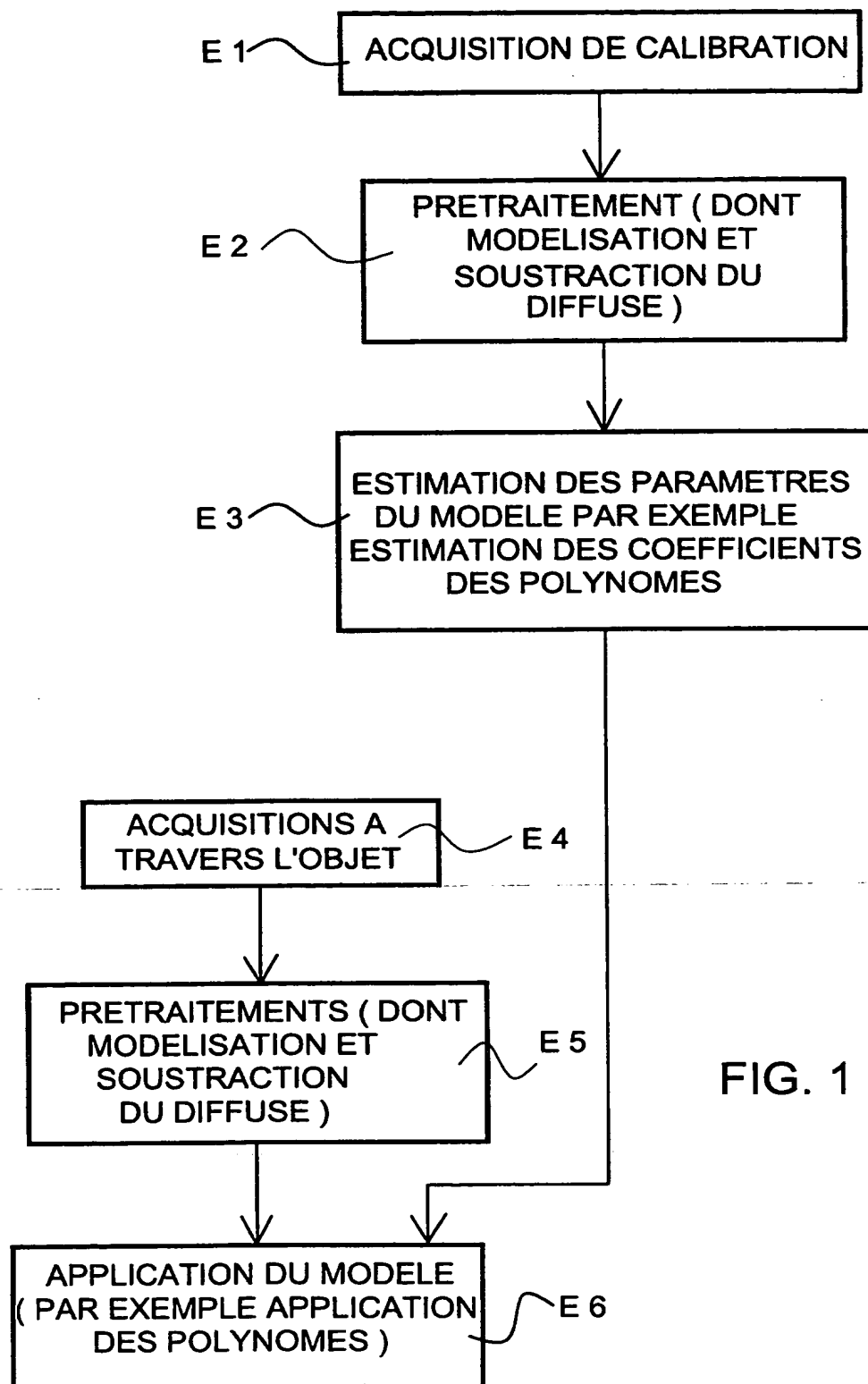


FIG. 1

FIG. 2

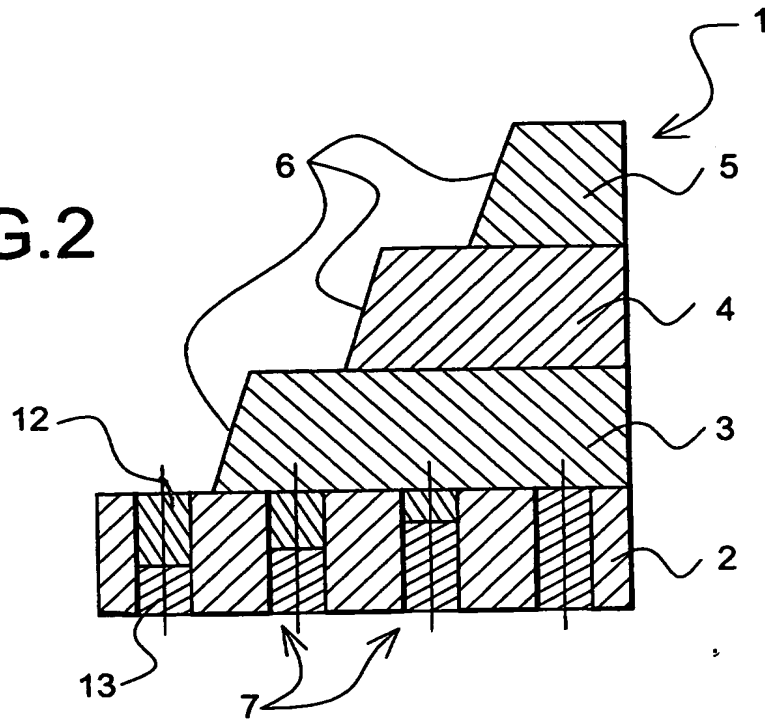
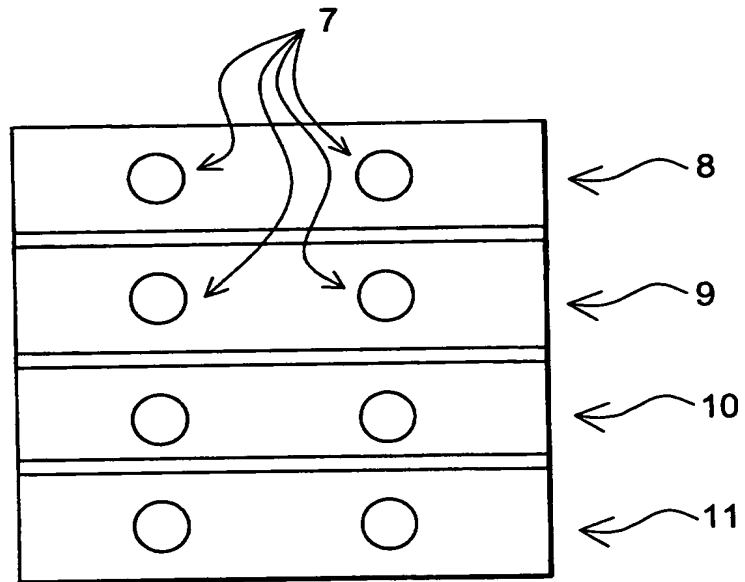



FIG. 3



Vos références pour ce dossier (facultatif)		B 13769.3/JCI DD 2173	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		01 02140 du 16.02.2001	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) PROCÉDE DE RADIOGRAPHIE A DOUBLE ENERGIE, ET DISPOSITIF DE CALIBRATION POUR CE PROCÉDE.			
LE(S) DEMANDEUR(S) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31/33 rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		ROBERT-COUTANT	
Prénoms		Christine	
Adresse	Rue	109 impasse du Luiset	
	Code postal et ville	38410	SAINT-MARTIN-D'URIAGE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		DINTEN	
Prénoms		Jean-Marc	
Adresse	Rue	138 avenue des Frères Lumière	
	Code postal et ville	69008	LYON
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) PARIS LE 01.03.2001 J. LEHU 422-5 S/002			

THIS PAGE BLANK (USPTO)